

УДК 550.4:546.4/8:631.4(477.52)

ГЕОХИМИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ НОВГОРОД-СЕВЕРСКОГО ПОЛЕСЬЯ НА ПРИМЕРЕ Г.ШОСТКА

И.В. Кураева¹, Ю.Ю. Войтюк¹, С.П. Кармазиненко², А.В. Матвиенко¹¹ *Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененка
Национальной академии наук Украины, г.Киев, aleksandramatvi@gmail.com*² *Институт географии Национальной академии наук Украины, г.Киев, karmazinenko@mail.ru*

Почва – уникальный наземный природный ресурс, накопитель солнечной энергии, основа жизни растений, животных и человека, а также оригинальный природный индикатор загрязнения окружающей среды, которое систематически происходит вследствие высокой антропогенной нагрузки. В связи с этим особый интерес представляет определение степени и характера загрязнения почв тяжелыми металлами.

При изучении поведения тяжелых металлов в биокостных системах, какой является почва, особое значение приобретает геохимический аспект, а именно вопрос миграции тяжелых металлов в системе почва–растение, их концентрации на геохимических барьерах и экологического состояния окружающей среды.

Основной целью наших исследований было дать оценку эколого-геохимического состояния почв Новгород-Северского Полесья, которые находятся под влиянием предприятий химической промышленности.

Основные полигоны геохимических исследований размещались на территории города Шостка Сумской области. В черте города и за его пределами были заложены 3 шурфа глубиной до 2,0 м. Также были выбраны условно чистые полигоны для определения природного фона территории. При полевых исследованиях региона было отобрано 210 образцов почв. Пробы почв отбирались согласно ГОСТу 17.4.4.02-84 вокруг промышленных предприятий города, таких как Публичное акционерное общество «Шосткинский завод химических реактивов», Открытое акционерное общество «Акционерная компания «Свема». Отбор почв производился как по горизонтальному профилю, так и по вертикальному на глубину от 0 до 30–40 см.

Для определения валовых содержаний тяжелых металлов и их подвижных форм использовался атомно-абсорбционный метод. Физико-химические свойства определялись по методике Е.В. Аринушкиной (Аринушкина, 1970), подвижные формы – по методикам Ф.И. Павлоцкой (Павлоцкая, 1974) и А.И. Самчука (Подвижные формы..., 1993). Для уточнения генезиса почв использовался микроморфологический анализ (Кармазиненко, 2010).

При проведении исследований использовался опыт ранее выполненных эколого-геохимических исследований как почв, так и других компонентов окружающей среды (*Біогеохімічні показники...*, 2009; Кураєва, 2011; *Екологічне становище...*, 2011; *Особливості геохімічного...*, 2012; *Геохімічні дослідження...*, 2013; Кармазиненко, 2013; *Еколого-геохімічні дослідження...*, 2013; *Важкі метали...*, 2014; *Оцінка еколого-геохімічного...*, 2014; Кармазиненко, 2013).

Город Шостка находится в зоне Новгород-Северского Полесья, которое является крайней восточной частью Украинского Полесья (Верднер, 1986). На западе оно граничит с Черниговским Полесьем. Граница его проходит от устья р.Ревна по линии населенных пунктов Холмы, Короп, Кролевец. На востоке ограничено Среднерусской возвышенностью, на севере условную границу физико-географической области образует граница с Российской Федерацией, на юге граничит с Сумской лесостепной областью. Новгород-Северское Полесье охватывает восточную часть Черниговской и северо-западную часть Сумской областей.

В тектоническом отношении Новгород-Северское Полесье занимает северную часть юго-западного склона Воронежского кристаллического массива. Глубина залегания докембрийского кристаллического фундамента составляет от 100 до 750 м. Кристаллический фундамент перекрыт толщей пермских, юрских, меловых, палеогеновых и антропогеновых осадочных отложений. Эти породы залегают наклонно, что отражает общее падение поверхности кристаллического фундамента с северо-востока на юго-запад к осевой части Днепровско-Донецкой впадины. В современных физико-географических процессах непосредственно участвуют меловые, палеогеновые и антропогеновые отложения, которые залегают выше местного базиса эрозии. Мощность антропогеновых отложений в

районе города Шостка составляет 20–25 м. Антропогенная толща на водораздельных равнинах представлена мореной, залегающей непосредственно на палеогеновых и меловых породах.

В орографическом отношении Новгород-Северское Полесье представляет собой низменность, переходящую в пониженный юго-западный край Среднерусской возвышенности. Долина р.Десны отделяет от нее Снов-Деснянскую водораздельную равнину с максимальной абсолютной высотой 222 м (с.Березовая Гать). Общая глубина расчленения поверхности составляет около 100 м.

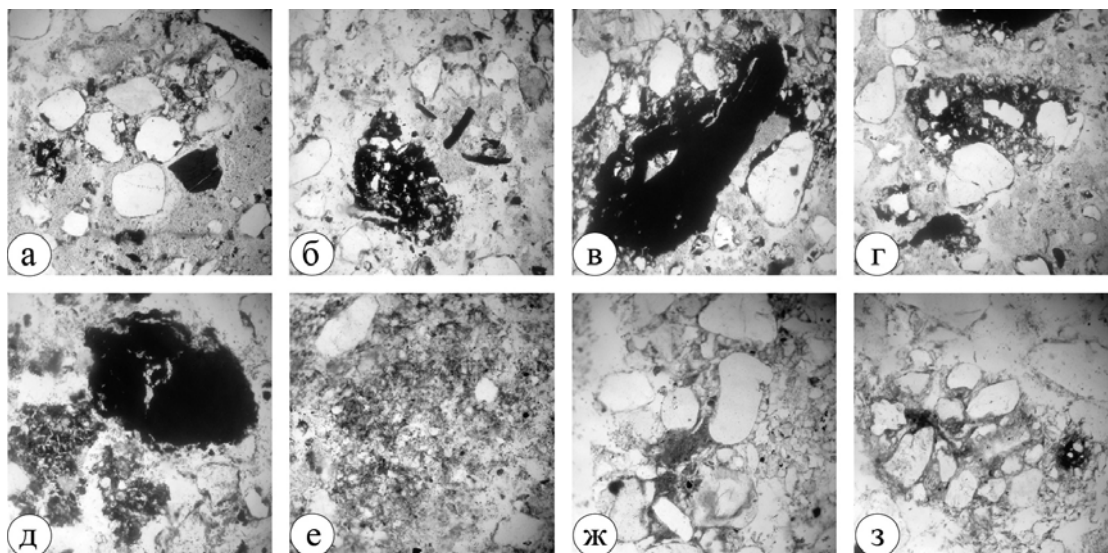
Территорию исследуемого города дренирует р.Шостка, которая является притоком р.Десны. Также на территории города есть три искусственных озера. Подземные воды широко распространены на территории и используются для водоснабжения. Приурочены они в основном к верхней трещиноватой мергельно-меловой толще и антропогенным отложениям.

В Новгород-Северском Полесье сформировался своеобразный почвенно-растительный покров. В почвообразовательных процессах заметную роль играют коренные породы – песчано-глинистые палеогеновые и мергельно-меловые верхнего мела, покрытые маломощным слоем морены, лессовидных суглинков, водно-ледниковых суглинков, водно-ледниковых и аллювиальных песков и супесей. Антропогенная толща обогащена продуктами денудации и переотложения мергельно-меловых пород. В связи с этим почвы обогащаются питательными веществами и уменьшается кислотность дерново-подзолистых почв.

На территории г.Шостка, согласно Атласу почв Украинской ССР (1970), в основном распространены дерново-среднеподзолистые легкосуглинистые на водно-ледниковых отложениях, дерново-подзолистые легкосуглинистые на древнем аллювии, подзолисто-дерновые легкосуглинистые почвы на озерных суглинках.

Исследовались как техногенно загрязненные почвы-урбаноземы (шурф 1), расположенные в черте города, так и дерново-подзолистые почвы (шурфы 2, 3) на фоновых участках за его пределами.

Урбаноземы наиболее четко отображают влияние антропогенной деятельности человека на почвы. Это подтверждается как перемешанностью материала почвы, так и включением большого количества техногенного материала: обломки полуразложившегося металла, пленка, кирпич, плитка, смола и т.д. Под микроскопом (рисунок 1) материал почвы преимущественно дезагрегирован с имеющимися разного размера и состава частицами шлаков, пятен ожелезнения и т.п. Лишь на отдельных микроучастках зерна скелета упакованы в гумусово-глинистую плазму с простыми микроагрегатами и частичками гумуса. Наличие единичных гумусово-глинистых и железисто-глинистых натек коллоидных глин есть свидетельство того, что дерново-подзолистая почва трансформировалась в урбанозем.



а – крупные зерна кварца, частички шлаков; б, в – мелкие частички шлаков и крупные железисто-марганцевые включения; г – частички шлаков и концентрации железисто-марганцевого вещества вокруг зерен минерального скелета; д – частички и комочки гумуса, простые микроагрегаты, крупный шлак; е – частички и комочки гумуса, простые микроагрегаты; ж – гумусово-глинистые натёки и пленки вокруг зерен минерального скелета; з – железисто-глинистые натёки коллоидных глин вокруг зерен скелета, железисто-марганцевый микроорштейн; (увеличение 100)

Рисунок 1. Микростроение современной техногенно загрязненной почвы-урбанозема г.Шостка (шурф №1)

Валовое содержание тяжелых металлов в техногенно загрязненных почвах значительно выше, чем в фоновых почвах. Так, в гумусовом горизонте почв в зоне влияния Открытого акционерного общества «Акционерной компании «Свема» валовое содержание Cr превышает фоновое в 20 раз, Pb – в 7, Ni – в 6, Co – в 2, Ag – в 2 раза. И только валовое содержание Cu находится в пределах фоновых значений. Такая же ситуация характерна и для почв в зоне влияния Публичного акционерного общества «Шосткинский завод химических реактивов». Так, валовое содержание Cr в гумусовом горизонте превышает здесь фон в 10 раз, Cu – в 6, Pb – в 4, Ni – в 2 раза. Валовые содержания Co и Ag находятся в пределах фоновых значений (таблица 1).

Таблица 1. Среднее валовое содержание тяжелых металлов в верхнем горизонте почв в зонах воздействия промышленных предприятий, мг/кг

| Предприятие (n – количество проб) | Ni | Cr | Cu | Pb | Co | Ag |
|---|--------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Открытое акционерное общество «Акционерная компания «Свема», n=50 | $\frac{250}{40}$ * | $\frac{140}{7}$ | $\frac{60}{58}$ | $\frac{55}{25}$ | $\frac{15}{7}$ | $\frac{10}{5}$ |
| Публичное акционерное общество «Шосткинский завод химических реактивов», n=50 | $\frac{85}{10}$ | $\frac{60}{6}$ | $\frac{300}{50}$ | $\frac{130}{30}$ | $\frac{5}{4}$ | $\frac{5}{1}$ |

*В числителе – валовая концентрация тяжелых металлов в техногеннозагрязненных почвах, в знаменателе – фоновое значение.

Следует отметить, что на распределение тяжелых металлов влияют физико-химические показатели почв (Жовинский, 2002). $C_{орг}$ в верхнем горизонте исследуемых почв на техногенно загрязненных участках уменьшается в сравнении с фоновыми участками. Кроме того, в этих почвах понижается pH и содержание поглощенных катионов.

Для общей характеристики загрязненности почвенного покрова города был рассчитан показатель суммарного загрязнения почв (Z_c) такими металлами, как Ni, Cr, Cu, Pb, Co, Ag (Геохимия окружающей..., 1989). Как показали исследования, показатель суммарного загрязнения для указанных элементов достигает максимальных значений (110 мг/кг) в районе промышленных предприятий города. Средний показатель суммарного загрязнения равняется 55,4 мг/кг. Суммарный показатель загрязнения снижается с удалением от промышленных предприятий к периферии города до 0,66.

Кроме того, были исследованы формы нахождения тяжелых металлов согласно методике Ф.И. Павлоцкой (Павлоцкая, 1974) и А.И. Самчука (Подвижные формы..., 1993). Содержание подвижных форм металлов под влиянием предприятий химической промышленности повышается по сравнению с фоновыми территориями, что является критерием загрязненности почвенных отложений (Жовинский, 2002). Например, подвижность Co возрастает в 65 раз, Cr – в 42, Ni – в 36, Pb – в 8 раз (таблица 2).

Таблица 2. Формы нахождения тяжелых металлов в верхнем горизонте почв вблизи Открытого акционерного общества «Акционерная компания «Свема» (n*=15)

| Форма нахождения | Ni | Pb | Zn | Cr | Cu | Co |
|------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | Техногенная почва | | | | | |
| Валовая | 200 | 393 | 4000 | 300 | 200 | 13 |
| Подвижная | $\frac{5,50}{2,75}$ ** | $\frac{46,0}{11,7}$ | $\frac{2400}{60}$ | $\frac{7,0}{2,3}$ | $\frac{20}{10}$ | $\frac{0,2}{1,5}$ |
| | | | | | | |
| Резервная | $\frac{49,50}{24,75}$ | $\frac{197,0}{50,1}$ | $\frac{1400}{35}$ | $\frac{33}{11}$ | $\frac{150}{75}$ | $\frac{6,6}{50,7}$ |
| | | | | | | |
| Фиксированная | $\frac{145,0}{72,5}$ | $\frac{150,0}{38,2}$ | $\frac{200}{5}$ | $\frac{260,0}{86,6}$ | $\frac{30}{15}$ | $\frac{6,2}{47,7}$ |
| | | | | | | |
| Почвы фоновых участков | | | | | | |
| Валовая | 80 | 17 | 56 | 60 | 20 | 12 |
| Подвижная | $\frac{0,4}{72,5}$ | $\frac{1,4}{8,2}$ | $\frac{1,7}{3,0}$ | $\frac{0,2}{0,3}$ | $\frac{2,2}{11}$ | $\frac{0,1}{0,8}$ |
| | | | | | | |
| Резервная | $\frac{2,6}{72,5}$ | $\frac{4,8}{28,2}$ | $\frac{7,8}{14}$ | $\frac{0,6}{1,0}$ | $\frac{4,3}{21,5}$ | $\frac{1,3}{10,8}$ |
| | | | | | | |
| Фиксированная | $\frac{77,0}{72,5}$ | $\frac{10,8}{63,5}$ | $\frac{46,5}{83,0}$ | $\frac{59,2}{98,6}$ | $\frac{13,5}{67,5}$ | $\frac{10,6}{88,3}$ |
| | | | | | | |

*n – количество проб. **В числителе – валовое содержание тяжелых металлов (мг/кг), в знаменателе – процентное содержание (%).

Для полноты эколого-геохимической характеристики состояния территории были исследованы почвенные отложения на разнообразие микроорганизмов (Мирчинк, 1976; Біогеохімічні показники..., 2009). Индикаторные и доминирующие виды проще выявить среди грибов, чем среди других микроорганизмов, поскольку грибы легче и точнее идентифицировать (Мынбаева, 2013). Видовой состав довольно разнообразен и включает 53 вида; большинство видов сосредоточено как в подстилке, так и на глубине 100 см (17 видов) и 0–5 см (16 видов). Вероятно, такое разнообразие грибов связано с многолетними промышленными выбросами данных предприятий.

При исследовании микроорганизмов в почвенных отложениях возле Публичного акционерного общества «Шосткинский завод химических реактивов» были выделены *Aspergillus sulphureus* Thom et Church, *Botrytis cinerea* Fries, *Chaetomium homophilatum* Omvik, темноокрашенные *Cladosporium cladosporioides* и *Clonostacchis rosea*, которые устойчивы к экстремальным условиям обитания.

Таким образом, проведенные эколого-геохимические исследования почв на территории г.Шостка и прилегающих территорий показали, что в техногенно загрязненных почвах под влиянием предприятий химической промышленности изменяются физико-химические свойства, понижается содержание $S_{орг}$, pH, емкость катионного обмена. Это также подтверждается морфо- и микроморфологическими признаками этих почв – перемешанность материала, наличие включений техногенного материала и разного размера и состава частичек шлаков.

Валовое содержание тяжелых металлов в техногенно загрязненных почвах значительно повышается по сравнению с почвами условно чистых территорий.

Показатель суммарного загрязнения почв для исследуемых элементов Ni, Cr, Cu, Pb, Co, Ag достигает максимальных значений в районе промышленных предприятий города. Резко повышается подвижность таких металлов, как Ni, Pb, Zn, Cr, Cu, Co.

Выделено 53 вида микроскопических грибов. Установлено, что в почвах преобладают *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Mycelia strobilata* (White). Ряд видов являются специфическими и могут служить индикаторами на наличие металлов определенной концентрации.

Список использованных источников

- Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – Москва: Изд-во Московского университета, 1970. – 487 с.
- Атлас почв Украинской ССР / Под ред. Н.К. Крупского, Н.И. Полупанова. – Киев: Урожай, 1970. – 159 с.
- Біогеохімічні показники ґрунтів в зоні впливу Костянтинівського свинцево-цинкового комбінату / І.В. Кураєва [та ін.] // Мінералогічний журнал. – Київ, 2009. – № 1. – С. 58–61.
- Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м.Маріуполь (еколого-геохімічні аспекти) / С.П. Кармазінченко [та ін.]. – Київ: Інтерсервіс, 2014. – 200 с.
- Верднер, И.Б. Природа Украинской ССР. Почвы / И.Б. Верднер, Д.А. Тютюнник. – Киев: Наукова думка, 1986. – 229 с.
- Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт [и др.]. – Москва: Недра, 1989. – 325 с.
- Геохімічні дослідження ґрунтового покриву м.Маріуполь / І.В. Кураєва [та ін.] // Сборник научных трудов, посвященных 130-летию со дня рождения академика А.Е. Ферсмана «От минералогии до геохимии». – Київ, 2013. – С. 81–87.
- Жовинский, Э.Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э.Я. Жовинский. – Киев: Наукова думка, 2002. – 215 с.
- Кармазінченко, С.П. Геоэкологическая оценка загрязненности почв г.Маріуполя тяжелыми металлами / С.П. Кармазінченко, Ю.Ю. Войтюк // Матер. 5-ой Междунар. науч. конф. молодых ученых и аспирантов «Фундаментальная и прикладная геологическая наука глазами молодых ученых: достижения, перспективы, проблемы и пути их решения». – Баку: Nafta-Press, 2013. – С. 180–182.
- Кармазінченко, С.П. Мікроморфологічні дослідження викопних і сучасних ґрунтів України / С.П. Кармазінченко. – Київ: Наукова думка, 2010. – 120 с.
- Кураєва, І. Екологічний стан ґрунтів м.Києва / І. Кураєва, А. Самчук, С. Кармазінченко // Географія. Економіка. Екологія. Туризм: регіональні студії. – Ніжин, 2011. – Вип. 5. – С. 131–137.
- Мирчинк, Т.Г. Почвенная микология / Т.Г. Мирчинк. – Москва: издательство МГУ, 1976. – 206 с.
- Мынбаева, Б.Н. Влияние меди на структуру микробных сообществ почв г.Алматы (модельные эксперименты) / Б.Н. Мынбаева, Н.А. Киреева // Агрохимия. – Москва, 2013. – № 7. – С. 75–79.
- Особливості геохімічного розподілу важких металів у зоні аерації під впливом викидів комбінатів чорної металургії (на прикладі м.Алчевськ) / Ю.Ю. Войтюк [та ін.] // Геолог України. – 2012. – № 1–2 (37–38). – С. 51–57.
- Оцінка еколого-геохімічного стану ґрунтів м.Маріуполь / Ю.Ю. Войтюк [та ін.] // Матер. I Междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии». – Київ: Інтерсервіс, 2014. – С. 48–51.
- Павлоцкая, Ф.И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах / Ф.И. Павлоцкая. – Москва: Атомиздат, 1974. – 215 с.

Подвижные формы тяжелых металлов в почвах Киевского Полесья / А.И. Самчук [и др.] // Геологический журнал. – 1993. – № 1. – С. 81–86.

Экологическое состояние окружающей среды г.Мариуполя / С.П. Кармазиненко [и др.] // Матер. Всероссийской науч.-практ. конф. «Экологические аспекты регионального развития». – Ярославль, 2011. – С. 330–337.

Эколого-геохимические исследования почв г.Мариуполя / С.П. Кармазиненко [и др.] // Матер. Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского. – Махачкала: АЛЕФ, 2013. – С. 236–242.

Karmazinenko, S.P. Environmental geo-ecological characterization of soils pollution with heavy metals of Mariupol city / S.P. Karmazinenko, Y.Y. Voytyuk // The 5th International scientific conference of young scientists and students «Fundamental and applied geological science: achievements, prospects, problems and ways of their solutions». – Baku: Nafta-Press, 2013. – P. 154–156.